

2016 年度新潟リハビリテーション大学大学院修士論文

踵上げ練習による転倒リスク減少の可能性

～足把持力トレーニングがバランス能力に与える影響について～

A Possibility to Reduce the Risk of Falling by Calf Raise Exercise

～Effect from foot-gripping training on sense of balance～

新潟リハビリテーション大学大学院

リハビリテーション研究科

リハビリテーション医療学専攻

運動機能科学コース

学籍番号 G15001

鈴木 浩文

指導教員

浅海 岩生 教授

提出日

2017 年 1 月 25 日

Niigata University of Rehabilitation
Graduate School of Rehabilitation

Master' s Thesis in 2016

A Possibility to Reduce the Risk of Falling by Calf Raise Exercise
～Effect from foot-gripping training on sense of balance～

Department of Motor Function Science
Graduate School of Rehabilitation
Niigata University of Rehabilitation

University Register Number G15001

Hirofumi Suzuki

Advisor
Iwao Asami

Date of Submission
January 25, 2017

修士論文の要旨

学位の種類	修 士	氏 名	鈴木 浩文
<p>修士論文課題</p> <p>踵上げ練習による転倒リスク減少の可能性</p> <p>～足把持力トレーニングがバランス能力に与える影響について～</p> <p>研 究 目 的</p> <p>高齢者にとっての転倒は、寝たきりを引き起こす、場合によっては死亡原因になり得る危険として認識されている。また、高齢者はもちろん、若年層であっても転倒が原因で死亡する場合もある。世代を問わず、「転倒予防」について取り組んでいくことは、健康な生活を送る上で非常に重要である。「転倒」と「足把持力」については、様々な先行研究があったが、足底が地面に接地している際の「立位安定性」には「足把持力」と共に「足関節底屈力」が必要ではないかと考えた。しかし、「足把持力」と「バランス能力」の研究において「足関節底屈力」を強化するトレーニング「踵上げ」を含めて検討した調査はない。「足把持力」と「足関節底屈力」についてトレーニングを行い、その結果が「バランス能力」にどのように影響するか調査することを研究の目的とした。</p> <p>対 象・方 法</p> <p>対象は、健常成人 27 名（男性 15 名、女性 12 名、平均年齢 20.6 ± 1.3 歳）とした。被験者を足把持群、踵上げ群、コントロール群に分け、トレーニング開始前に、①足把持力、②足関節底屈力、③開眼両脚立ち、閉眼両脚立ち、開眼片脚立ち左右の総軌跡長（以下、重心動揺）、④ファンクショナルリーチテスト（以下、FRT）を測定した。足把持力の測定には、足指測定器（足指測定器 II T.K.K 3365：竹井機器工業株式会社）を使用した。被験者の測定肢位は、端座位とし、最大随意収縮にて 3 秒計測した。左右 3 回</p>			

ずつ計測し最大値を代表値とした。測定の間には休憩時間を 10 秒とり、疲労の影響を最小限とした。足関節底屈力はストレイアンプと張力用アタッチメントを接続した簡易型の最大足関節低屈力測定器を作成（ストレイアンプ TSA-110、張力用アタッチメント T.K.K1269f：竹井機器工業株式会社）し、計測した。被験者の測定肢位は、長座位とし、最大随意収縮にて 3 秒間、左右 3 回ずつ計測し、最大値を代表値とした。各測定の間には休憩時間を 10 秒とり、疲労の影響を最小限とした。また、足関節測定器の再現性を調べるため、検者 1 名と 10 名の男性被験者にて最大筋力の測定を行った。（平均年齢 34.4 ± 9.59 歳）測定方法、手順については実際の被験者に実施した方法と同様とした。最初の測定が終わった 1 週間後に 2 回目の計測を行い比較した。統計学的分析は、SPSS statistics Ver23 を用いて級内相関係数を求め、十分な再現性を得ることができた。静的バランス能力は重心動揺計（WIN-POD：フィンガルリンク社）を使用し、重心動揺を 30 秒間測定した。測定値は総軌跡長とした。動的バランス能力は FRT を計測した。静止立位状態をとり、右上肢 90 度挙上させ、こぶしを作り、その先端を開始点としてから最大限に前方へこぶしを突き出し、開始点との距離を 3 回計測し、最大値を採用した。測定後、足把持群はタオルギャザートレーニングを実施。椅子に座り、タオルの上に足を置き、タオルをたぐり寄せる。30 回で 1 セットとし、1 日 3 セット、1 週間で 3 日、合計 4 週間実施。踵の重量は、最初の測定時にタオルギャザーを行い、実施できた最も重い重量の 50%の重さとした。踵上げ群では踵上げトレーニングを実施。立位にて両足の踵を同時に最高の高さに上げ、下ろす。1 セットを 30 回とし、1 日 2 セット、1 週間で 4 日、合計 4 週間実施した。コントロール群については、4 週間特別な運動を行わないよう指示した。1 回目の測定から 5 週目に改めて、①足把持力、②足関節低屈力、③重心動揺（総軌跡長）、④FRT を測定し、トレーニング前後でどのように数値に変化が出たのか比較した。統計学的検討には統計解析用ソフトウェアには、EZR on R commander Ver. 1.00 を使用した。

1. 介入前測定の結果に基づいた群間の差について

足把持群、踵上げ群、コントロール群それぞれについて年齢、性別、身長、

体重、各測定項目（足把持力、足関節底屈力、総軌跡長、FRT、以下測定項目と記載する）について一元配置分散分析（one-way-ANOVA）を行い、各群間に差があるか検定した。有意水準は 5%とした。

2. 全被験者の各測定項目（左右足把持力、左右足関節底屈力、開眼両脚立ち、閉眼両脚立ち、開眼右脚立ち、開眼左脚立ちの総軌跡長、FRT）について介入前と介入後で多元配置分散分析（multi-way ANOVA）を行い、検定した。有意水準は 5%とした。

結 果

1. 介入前測定結果について

3 群間の差を分析するため一元配置分散分析（one-way-ANOVA）にて分析した。年齢、身長、体重、性別、各測定項目について群間の差は認められなかった。（ $p>0.05$ ）

2. 全被験者の各測定項目について群別・介入前後別の関係について

全被験者の各測定項目について介入前と介入後および各群の関係について多元配置分散分析（multi-way ANOVA）を行ったが、有意差は認められなかった。（ $p>0.05$ ）

考 察

「踵上げ」は、ヒラメ筋や腓腹筋が鍛えられる。これらの筋は、姿勢保持に関与しているとされている。ヒラメ筋や腓腹筋は姿勢保持のみではなく、歩行能力にも関与しているとされ、この機能を維持することは立位時、歩行時の転倒を予防することに結びつくと考えられる。「タオルギャザー」については足把持力を鍛えられるトレーニングとして認識されている。本研究では踵上げ群と対比させるため足把持群を設定した。各群のそれぞれの測定項目について統計学的な有意差がでなかった。しかし足把持群、踵上げ群でそれぞれ平均値の向上した項目（足把持力、足関節底屈力、開眼両脚立ち総軌跡長、閉眼両脚立ち総軌跡長、FRT）があり、トレーニング実施がバランス能力の向上に結びついた傾向がでていたと考えられる。

結 論

今回の研究では、足把持群、踵上げ群について統計学的にバランス能力に影響するという結果はでなかった。しかし、足把持群、踵上げ群共に平均値としては、足把持力、足関節底屈力、総軌跡長と FRT では数値が向上しており、先行研究にて示唆されているように足把持運動、踵上げ運動が静的・動的バランスに影響していたという一定の傾向がでていた。転倒リスクを低減させる取組としての「踵上げ運動」の可能性については、今後とも検討していく必要がある。

目次

諸言	73
対象	74
方法	74
1. 足把持力測定	75
1-1 測定姿勢	75
1-2 測定機器	75
1-3 測定方法	75
2. 足関節底屈力測定	75
2-1 測定姿勢	75
2-2 測定機器の精度について	75
2-3 測定方法	76
3. 重心動揺	
3-1 測定機器	76
3-2 測定方法	76
3-3 測定姿勢 開眼両脚立ち	76
3-4 測定姿勢 閉眼両脚立ち	76
3-5 測定姿勢 開眼右脚立ち	76
3-6 測定姿勢 開眼左脚立ち	77
4. ファンクショナルリーチテスト	
4-1 測定肢位	77
4-2 測定機器	77
4-3 測定方法	77
5. 群別の介入及び指示内容について	77
5-1 足把持群	77
5-2 踵上げ群	77
5-3 コントロール群	77
6. 介入後測定の実施	77
7. データ解析と統計学的検討	78
7-1 介入前測定の結果に基づいた群間の差について	78

7-2 全被験者の各測定項目について群別・介入前後別の関係について-----	78
結果	
1. 介入前測定の結果について-----	78
2. 全被験者の各測定項目について群別・介入前後別の関係について-----	78
考察	
1. 足関節底屈力-----	79
2. 足把持力-----	80
3. まとめ-----	80
4. 今後の課題-----	82
結論 -----	82
引用文献-----	84
謝辞 -----	86
図表 -----	87
Abstract-----	100

緒言

「転倒」は健康状態を損ねる大きな要因として広く認識されている。平成 25 年度国民生活基礎調査の概況¹⁾では、介護が必要になった主な理由として脳血管疾患や認知症と共に転倒が上位に挙げられている。また、厚生労働省 平成 27 年度 業種別事故型別労働災害発生状況²⁾では、死傷災害の原因としては「転倒」が最も件数が多くなっている。平成 27 年度人口動態統計（確定数）の概況³⁾では、不慮の事故によっての死亡した方 38,306 人（人口 10 万対）の中で死因「転倒・転落」が 7,992 人（人口 10 万対）であった。これは死因「不慮の窒息」が 9,356 人（人口 10 万対）に次ぐ多さであり、死因「交通事故」5,646 人（人口 10 万対）より多い人数となっている。転倒の危険は非常に身近であると言える。高齢者については、転倒によって骨折し、その後に寝たきりとなってしまうというパターンで起こりやすいため、転倒を予防していくことは高齢社会では、極めて重要である。

なぜ「転倒」が起きてしまうのか。転倒の要因について様々あるが、星⁴⁾は、「転倒」は目的・課題と個人の身体機能・認知機能、個人の置かれた環境が適合されなかった場合に生じると述べている。また鈴木⁵⁾らは、転倒する場所は庭や道路など屋外が多く、転倒した原因は外的要因（つまづき等）が多く、利尿剤・降圧剤を服用している者が転倒による受傷が多いと報告している。また、転倒によって受傷した者がその後に体の痛み、易疲労、歩行速度の減少など身体的変化を来すものが受傷しない者と比べ多くなっていることも併せて報告している。さらに高井⁶⁾らは、要介護高齢者を対象とした研究で、転倒暦があるほど転倒恐怖感が大きくなり、うつ傾向が示唆され、転倒に対する過度の不安感により認識誤差との関連性が示唆されたと述べている。

「転倒」がもたらす身体的・精神的なリスクを可能な限り避けたいと願うのは、当然であると言える。そこで転倒しないためには「バランス能力」の改善が重要と考え、バランスに関連する研究に興味を持った。竹井⁷⁾らは、足趾圧力と足把持力について重心動揺及び Functional Reach Test (以下 FRT とする)との関連を分析し、足把持力が立位姿勢制御能力を予測に適している可能性があると報告した。さらに新井⁸⁾らは足把持力が高齢者の運動機能評価として有用であり、介護予防および転倒予防において評価法として活用できる可能性につ

いて報告があった。相馬⁹⁾らは、足指把持力トレーニングが FRT や最大一歩幅などの平衡機能や歩行能力などに与える影響について検討し、足指把持力の向上が最大歩行速度や FRT、最大一歩幅などが向上し、平衡機能に影響を与えとの報告があった。「バランス能力」と「足把持力」については、様々な先行研究¹⁰⁾¹¹⁾が行なわれてきた。足底が地面に接地している際の「立位安定性」には「足把持力」と共に「足関節底屈力」が必要ではないかと考えた。しかし、「足把持力」と「バランス能力」の研究において「足関節底屈力」を強化するトレーニングとして「踵上げ」を含めて検討した調査はない。そこで今回の研究では、「足把持力」と「足関節底屈力」について異なるトレーニングを行い、その結果が「バランス能力」にどのように影響するか調査することを研究の目的とした。

対象

被験者は新潟リハビリテーション大学の学生より抽出した。被験者は、学内にて掲示やメール配信等で募集した。研究の趣旨と方法、注意事項について書面および口頭で説明し、同意を得られた 27 名（男性 15 名、女性 12 名）を被験者とした。男女合わせた平均年齢は 20.6 ± 1.3 歳であった。（表 1-1）被験者の除外条件は、事前に問診票にて過去に下肢に重篤な怪我をしたことがあり完治していない、下肢に痛みを感じているか、筋肉、神経系に疾患を有しているかどうかを確認し、研究に支障ないと判断された者を被験者とした。

練習方法の違いによる効果を見るために 3 群（足把持群、踵上げ群、コントロール群）に分けた。その結果、足把持群が男性 4 名、女性 4 名、踵上げ群が男性 5 名、女性 4 名、コントロール群が男性 6 名、女性 4 名と振り分けた。本来、各群で被験者 10 名ずつとなる予定であったが、足把持群で 2 名（男女それぞれ 1 名ずつ）、踵上げ群で 1 名（女性）が介入時の練習の不備や介入後測定に体調不良で参加できなかったため被験者から除外した。

方法

本研究は新潟リハビリテーション大学倫理委員会の承認を得て実施した（平成 27 年 12 月 2 日 受付番号 78）。全ての測定は、温度管理ができ、静穏を保つことができ、なおかつ必要な測定機器が設置してある環境として新潟リハビリテーション大学運動機能科学実験実習室にて実施した。また、全ての測定は同

一検者が実施した。まず、介入前に被験者全員に以下の測定を実施した。

実験の流れは、介入前の測定として足把持力測定、足関節底屈力測定、重心動揺測定、FRT の順番で測定し、自宅でのトレーニング期間を経て、介入後測定を介入前測定と同様に実施した。

1. 足把持力測定

1-1 測定姿勢

被験者は椅子に座り、姿勢は端座位とした。(図 1)

1-2 測定機器

測定には、竹井機器工業株式会社 足指測定器 II T.K.K 3365 (以下、足指測定器) を用いた。

1-3 測定方法

被験者は、裸足となり、片足ずつ測定する。足把持バーに指がしっかりとかかるよう足指測定器を調節する。測定方法を十分に習得させた後、足の指を最大随意収縮させ 3 秒計測した。左右 3 回ずつ計測しそれぞれの最大値を代表値とした。測定の間には休憩時間を 10 秒とり、疲労の影響が最小限となるよう配慮した。

2. 足関節底屈力測定

2-1 測定姿勢

被験者の測定肢位は、長座位とした。(図 2) 自作した測定機器 (以下、足関節測定機器) に片脚を入れ、足首と脛脛をベルトで固定し、足首が浮かないよう指示した。併せて足首の角度が 10 度底屈となるようにワイヤーの長さを調節した。

2-2 測定機器の精度について

竹井機器工業株式会社 ストレインアンプ TSA-110 と張力用アタッチメント T.K.K1269f を接続した簡易型の最大足関節底屈力測定器を作成した。この足関節測定器の再現性を調べるため、検者 1 名と 10 名 (平均年齢 34.4 ± 9.59 歳) の男性被験者にて最大筋力の測定を行った。測定方法、手順については実際の被験者に実施した方法と同様とした。最初の測定が終わった 1 週間後に 2 回目の計測を行い比較した。統計学的分析は、SPSS statistics Ver23 を用いて級内相関係数を求めた。右足 1 回目平均は $8.9 \pm 2\text{kg}$ (最低値 4kg、最高値 13kg)、右

足 2 回目平均は $11.0\text{kg} \pm 4.4\text{kg}$ (最低値 4kg、最高値 20kg) であった。右足についての級内相関係数 (単一測定値) は 0.837 であった。左足 1 回目平均は $8.6 \pm 3.5\text{kg}$ (最低値 3kg、最高値 16kg)、左足 2 回目平均は $9.4\text{kg} \pm 3.3\text{kg}$ (最低値 5kg、最高値 15kg) であった。左足についての級内相関係数 (単一測定値) は 0.922 であった。両足についての級内相関係数も 0.906 (単一測定値) となり高い信頼性を示した。(表 1-2)

2-3 測定方法

測定方法を十分に習得させた後、最大随意伸展にて 3 秒間、足の裏で板を押すよう指示した。これを左右 3 回ずつ計測し、それぞれの最大値を代表値とした。1 回目と 2 回目、3 回目の測定の間には休憩時間を 10 秒とり、疲労の影響が最小限となるよう配慮した。

3. 重心動揺測定

3-1 測定機器

全ての測定は重心動揺計としてフィンガルリンク社 WIN-POD を使用した。

3-2 測定方法

全ての測定は立つ位置を測定姿勢のとおり指示し、準備ができたなら検者が測定開始の合図を行い、30 秒間測定した。項目は開眼両脚立ち、閉眼両脚立ち、開眼右脚立ち、開眼左脚立ちとし、被験者の圧中心 (Center Of Pressure: COP) の動きを分析するためポストラル計測 (サンプリング周期 100Hz) で行なった。

3-3 測定姿勢 開眼両脚立ち (図 3-1)

開眼した状態で重心動揺測定器の中心部の十字マーク部分より 10.5cm 後ろの線に踵を置き、足内縁を合わせた姿勢で立つよう指示した。目線は 1m 前方の壁面に目印を用意し、計測中はその目印へ目線を持っていくこと、両手は体の横に添えて自然に下ろしておくことを指示した。

3-4 測定姿勢 閉眼両脚立ち

被験者を閉眼させ測定した。測定姿勢については開眼両脚立ちと同様になるよう指示した。

3-5 測定姿勢 開眼右脚立ち

開眼した状態で重心動揺測定器の中心部の十字マーク部分より 10.5cm 後ろの線に踵を置くよう指示した。

3-6 測定姿勢 開眼左脚立ち（図 3-2）

開眼した状態で重心動揺測定器の中心部の十字マーク部分より 10.5cm 本後ろの線に踵を置くよう指示した。

4. ファンクショナルリーチテスト（Functional Reach Test：FRT）

4-1 測定肢位

黒板が右側に来る位置に誘導し、両脚の幅を肩幅程度開いて静止立位を状態とした。

4-2 測定機器

黒板に開始点および最長地点をマークし、メジャーを使用して距離を測定した。

4-3 測定方法

手は軽く握り拳を作り、両腕の角度が 90 度になるよう挙上させる。拳の先端の位置を黒板上にマークし開始点とする。左上肢を下ろさせた後、（図 4-1）検者の合図によって足の位置を動かさないように右上肢を伸展（図 4-2）させ、始点との距離を 3 回計測し、その最大値を代表値として採用した。

5. 群別の介入及び指示内容について

5-1 足把持群

タオルギャザートレーニングを実施するよう指示した。（図 5-1、5-2）椅子に座り、タオルの下にレジャーマットを敷く。タオルの上に足を踵まで乗せて、足の反対側に負荷となるペットボトルを置き、片足ずつそれぞれ足指を曲げて、伸ばして 1 回として、それを 30 回で 1 セットとし、1 日 3 セット、1 週間で 3 日、合計 4 週間実施。錘となるペットボトルの重量は、最初の測定時にタオルギャザーを行い、確実に実施できた最も重い重量の 50%の重さとした。

5-2 踵上げ群

踵上げトレーニングを実施する。椅子の前に立ち（図 6-1）、両足の踵を同時に最高の高さに上げ、下ろす。（図 6-2）手を椅子に添えて実施する。1 セットを 30 回とし、1 日 2 セット、1 週間で 4 日、合計 4 週間実施する。

5-3 コントロール群

4 週間特別な運動を行わないよう指示した。

6. 介入後測定の実施

介入前測定から5週目に改めて、①足把持力、②足関節低屈力、③重心動揺、④FRTを測定し、介入前後でどのように数値に変化が出たのか比較した。

7. データ解析と統計学的検討統計解析

統計学的検討には統計解析用ソフトウェアには、EZR on R commander Ver. 1.00¹²⁾を使用した。

7-1 介入前測定の結果に基づいた群間の差について

足把持群、踵上げ群、コントロール群で被験者数が同一とならなかったため、各群のそれぞれについて年齢、性別、身長、体重、介入前の各測定項目（左右足把持力、左右足関節底屈力、開眼両脚立ち、閉眼両脚立ち、開眼右脚立ち、開眼左脚立ちの総軌跡長、FRT：以下、各測定項目と記載する）に差があるか一元配置分散分析（one-way ANOVA）を行った。有意水準は5%とした。

7-2 全被験者の各測定項目について群別・介入前後別の関係について

全被験者の介入前、介入後の各測定項目との各群の関係について多元配置分散分析（multi-way ANOVA）を行った。有意水準は5%とした。

結果

介入前測定結果の群間比較は、表 1-3、介入後測定結果の群間比較は表 1-4 のとおりとなった。

1. 介入前測定の結果について（表 1-3）

年齢、身長、体重、性別、各測定項目について3群間の差を分析するため、一元配置分散分析（one-way ANOVA）を行った。被験者数は足把持群8名、踵上げ群9名、コントロール群10名であった。平均年齢、身長については平均値に大きな違いはなかった。体重で踵上げ群が少し大きな値となっているが統計学的な差とするほどの違いはなかった。各測定項目についての平均値から違いを分析したところ、群間の差は認められなかった。（ $p>0.05$ ）

2. 全被験者の各測定項目について群別・介入前後別の関係について（表 1-5）

全被験者の各測定項目について介入前と介入後および各群の関係について多元配置分散分析（multi-way ANOVA）行なったが、有意差は認められなかった。（ $p>0.05$ ）はっきりとした有意差はでなかった。しかしグラフ（図 7-1、7-2、7-3、7-4、7-5）にて各群の介入前後の重心動揺、及び FRT につい

て比較すると、介入後の平均値で開眼両脚立ち、閉眼両脚立ち、FRT について足把持群、踵上げ群が数値の向上していることが読み取れる。開眼右脚立ちは足把持群のみ数値が向上し、踵上げ群、コントロール群は数値が低下した。

開眼左脚立ちでは、全ての群で数値が低下していた。

考察

1. 足関節底屈力

本研究では、足関節底屈力を鍛える運動として「踵上げ」に着目してバランス能力との関連について検討した。「踵上げ」を継続して行う場合、鍛えられる筋肉は主にヒラメ筋と腓腹筋である。ヒラメ筋は、遅筋であり、高齢となっても筋力が低下しにくい。ヒラメ筋を有する下腿周径を測定することが静的バランス能を予測できる可能性についての報告¹³⁾もされている。またヒラメ筋は膝関節屈曲位では足関節底屈に大きく作用し、足底接地した荷重下における膝関節屈曲、足関節背屈に大きく作用する¹⁴⁾ことより、姿勢保持に関与している筋と考えることができる。腓腹筋は、膝関節屈曲と足関節底屈に作用する。¹⁵⁾さらに腓腹筋は速筋¹⁶⁾であり、「走る」「跳ぶ」運動に大きな役割を担っている。これらの筋を鍛える運動である踵上げは椅子等に拘りながら運動することで転倒リスクも少なく、幅広い層の方々に実施しやすい運動であると言える。齋藤ら¹⁷⁾の研究では、10秒以内の踵上げ反復運動の最大回数と最大1歩幅との間にはかなりの相関があり、転倒を経験した群と非転倒群では、転倒を経験した群の測定値が有意に低いとの報告があり、さらに足関節の底屈の反復運動能力の低下が歩行時のつまずきに結びつく可能性があるとして述べていた。Fujisawa ら¹⁸⁾の研究では両脚踵上げと歩行時の足関節底屈筋の活動を比較しており、両脚踵上げテストが歩くために必要な足関節の底屈筋活動を評価することに有効な可能性があるとして報告している。また、高齢者では歩行能力は静的・動的バランス機能に影響されるとの報告¹⁹⁾があり、歩行と転倒の関係性が深いことが先行研究から示唆されていると言える。これらのことから、歩行時におけるバランス能力について踵上げ運動が関連する可能性があり、足関

節底屈筋を衰えさせないことが歩行時の転倒リスクを低減に繋がると考えられる。今回の実験で踵上げ群の介入前後では、統計学的な有意差はなかった。しかし、介入前と介入後の平均値を比較すると、左右の足把持力、左右の足関節底屈力、総軌跡長では開眼両脚立ち、閉眼両脚立ち、FRT で数値が向上した。(表 1-3、表 1-4) 踵上げ運動がバランス能力に関与し、静的バランス、動的バランスに良い影響を与えている傾向がでていたと解釈がすることができた。

2. 足把持力

今回の研究では、タオルギャザートレーニングを採用した。これは、特殊な用具を必要としないトレーニングを実施するためであり、他の先行研究⁹⁾

等でも採用されている。日常生活を送る中で実施しやすい運動であり、端坐位で行うことで転倒のリスクも少ないことも採用した理由であった。足把持力については、バランス能力との関連については既に重要な要素として考えられている。踵上げ群と対比させるために足把持群を設定した。本研究では、足把持群についても統計学的な有意差はでなかったが、介入前と介入後の平均値を比較すると、左右の足把持力、左右の足関節底屈力、総軌跡長では、開眼両脚立ち、閉眼両脚立ち、開眼右脚立ち、FRT で数値が向上したことより、傾向としてバランス能力に良い影響を与えていると考えられる。

3. まとめ

今回の研究では、足把持群、踵上げ群について、静的バランス能力（重心動揺）、動的バランス能力（FRT）について練習効果が統計的にはでてこなかった。足把持群と踵上げ群については、各測定項目について平均値は向上している項目が多かった。(表 1-3. 表 1-4) 足把持群では、足把持力が介入前測定で右足平均値 $10.1 \pm 3.7\text{kg}$ 、左足平均値 $10.2 \pm 4.3\text{kg}$ から、介入後測定では右足平均値 $13.6 \pm 4.8\text{kg}$ 、左足平均値 $13.1 \pm 4.7\text{kg}$ となった。踵上げ群では、足関節底屈力が介入前では右脚平均値 $13.8 \pm 10.0\text{kg}$ 、左足平均値 $13.3 \pm 9.7\text{kg}$ から介入後に右脚平均値 $14.3 \pm 9.8\text{kg}$ 、左脚平均値 $13.4 \pm$

6.7kg と微増した。また、足把持群の足関節底屈力が介入前右脚平均値で $10.5 \pm 4.3\text{kg}$ 、左脚平均値 $9.6 \pm 5.1\text{kg}$ から介入後には右脚平均値 $11.5 \pm 3.4\text{kg}$ 、左脚平均値 $10.6 \pm 4.2\text{kg}$ となった。踵上げ群で足把持力の介入前の右足平均値が $10.7 \pm 5.7\text{kg}$ 、左足平均値 $10.4 \pm 4.4\text{kg}$ から介入後に右足平均値 $12.7 \pm 5.7\text{kg}$ 、左足平均値 $12.3 \pm 6.4\text{kg}$ とこちらも微増した。今回の研究に関して、足把持力および足関節底屈力の測定については、初体験であるという学生がほとんどであった。このことより、介入前測定では、測定に慣れておらず、うまく力を発揮できなかった可能性が考えられた。介入後測定については、介入前に測定した経験があることより、どのように力を発揮するか、理解済み・経験済みであることが直接継続的な練習していない項目（足把持群の足関節底屈力、踵上げ群の足把持力）についての数値が向上した原因の一つである可能性があるのではないかと考えた。足底の感覚と足把持力の関係については、大杉²⁰⁾ らが足底感覚の刺激は動的バランス向上させるが、足把持力や足底感覚に対して特異的な効果を示さないと報告しており、直接の関係性があるかどうか解釈が難しい。木藤ら²¹⁾ の報告では、足指トレーニング実施により姿勢制御に関与する足底メカノレセプターが賦活されたことにより姿勢制御能、ステップ反応等の改善が認められたと報告していた。重心動揺計で測定については介入前の開眼両脚立ち総軌跡長平均は足把持群で $58.3 \pm 10.7\text{ mm}$ 、踵上げ群で $56.5 \pm 20.9\text{ mm}$ から介入後は、足把持群で $52.0 \pm 10.7\text{ mm}$ 、踵上げ群で $54.0 \pm 22.4\text{ mm}$ 、閉眼両脚立ちでは、介入前の閉眼両脚立ち総軌跡長平均は足把持群で $92.4 \pm 23.9\text{ mm}$ 、踵上げ群で $102.7 \pm 35.8\text{ mm}$ から介入後は、足把持群で $76.2 \pm 23.7\text{ mm}$ 、踵上げ群で $83.1 \pm 17.3\text{ mm}$ という結果となった。開眼右脚立ち総軌跡長では、介入前の平均は足把持群で $230.3 \pm 47.7\text{ mm}$ 、踵上げ群で $244.6 \pm 67.2\text{ mm}$ から介入後は、足把持群で $219.2 \pm 46.0\text{ mm}$ 、踵上げ群で $261.2 \pm 111.1\text{ mm}$ となった。開眼左脚立ちでは、介入前の総軌跡長平均は足把持群で $201.1 \pm 53.2\text{ mm}$ 、踵上げ群で $241 \pm 95.9\text{ mm}$ から介入後は、足把持群で $214.6 \pm 55.6\text{ mm}$ 、踵上げ群で $254.3 \pm 123.2\text{ mm}$ であった。FRT については、介入前の足把持群では $41.0 \pm 4.5\text{ cm}$ 、踵上げ群で $42.4 \pm 5.8\text{ cm}$ から介入後は、足把持群で $42.1 \pm 4.8\text{ cm}$ 、踵上げ群で $43.6 \pm 6.2\text{ cm}$ となった。開眼、閉眼両脚立ち

については足把持群、踵上げ群共に平均値は向上した。開眼右脚立ちは足把持群で平均値が向上し、踵上げ群は平均値が低下した。開眼左脚立ちは足把持群、踵上げ群共に平均値が低下した。片脚立ちでの総軌跡長は両脚立ちより数値が大きいのはもちろんだが、測定姿勢の指示に関して、両手の位置と支持脚以外の脚の位置について具体的に示していなかったため、被験者ごと自分のやり方で行なっていたことも影響し、安定性を欠きやすかった可能性があったと考えられる。FRT については、足把持群、踵上げ群共に若干平均値が向上し、両群の運動が動的バランス能力の向上に結びつく傾向がみられた。

4. 今後の課題

本研究の結果より、足関節底屈力を向上させる運動である踵上げと足把持力を向上させるタオルギャザー運動による静的バランス、動的バランスへの影響については明確な結論を得ることはできなかった。しかし、前述したように多くの先行研究により前向きな検討が現在も進められている。踵上げ、タオルギャザーに関しては特殊な器具を用いなくて、簡便にしかも低リスクに取り組むことが可能であることより、転倒予防に繋がる運動として今後も臨床や各家庭で実施されていくのではないかと考えられる。本研究では、被験者数が少なく、男女の差を検討することも難しかった。今後は、被験者数を増やし、測定方法も工夫を加え、より信頼性を増すよう、さらなる検討をしていく必要がある。

結論

健康成人を 3 群（足把持群、踵上げ群、コントロール群）に分け、各測定項目について介入前後測定し、その結果を比較、検討した。足把持群にはタオルギャザー、踵上げ群には踵上げをそれぞれ 4 週間実施した。その結果、以下の結論を得た。

1. 各測定項目について統計学的な有意差はでなかった。
2. 足把持群、踵上げ群共に測定結果の平均値が向上している項目（足把持力、足関節底屈力、開眼両脚立ち、閉眼両脚立ち、FRT）があり、トレーニング実施の効果が出ている傾向がみられた。

3. 足把持群で開眼右脚立ちの数値が向上したが、踵上げ群では数値が低下した。また、開眼左脚立ちについては、足把持群、踵上げ群共に数値が低下した。足把持及び踵上げ運動は片脚立位でのバランス能力の向上に結びつく結果がでなかった。

引用文献

- 1) 平成 25 年度国民生活基礎調査の概況 IV 介護の状況
<http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/k-tyosa/k-tyosa13/dl/05.pdf>
- 2) 厚生労働省 平成 27 年度 業種別事故型別労働災害発生状況 参考 2
平成 27 年度労働災害発生状況の分析等
- 3) 平成 27 年度人口動態統計（確定数）の概況 第 7 表 死因簡単分類別にみた性別死亡数・死亡率（人口 10 万対）
http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/kakutei15/dl/11_h7.pdf
- 4) 星文彦：高齢者の加齢変化と転倒要因 PT ジャーナル、第 36 巻第 5 号、307-314、2002.
- 5) 鈴木みずえ、山田紀代美、高橋秀人、他：高齢者の転倒状況と転倒後の身体的変化に関する調査研究、日本看護科学会誌、Vol.13、No.2、10-19、1993.
- 6) 高井逸史、杉田士、井上健太郎、他：要介護高齢者における転倒恐怖感に関連する因子の検討、総合リハ、39 巻 9 号、893-898、2011
- 7) 竹井和人、村田伸、甲斐義浩：足趾機能と静的・動的バランスとの関連-内容的妥当性の検討-、西九州リハビリテーション研究、2、13-19、2009
- 8) 新井智之、藤田博暁、細井俊希、他：地域在住高齢者における足趾把持力の年齢、性別および運動機能との関連、理学療法学、第 38 巻、第 7 号、489-496、2011
- 9) 相馬正之、五十嵐健文、工藤渉、他：足指把持力トレーニングが Functional Reach Test や最大歩幅、歩行能力に与える影響について、ヘルスプロモーション理学療法研究、Vol.2、No2、59-63、2012
- 10) 村田伸、忽那龍雄：在宅障害高齢者に対する転倒予防対策-足把持力トレーニング-、日本在宅ケア学会誌、Vol17、No2、67-74、2004
- 11) 佐々木諒平：足趾機能がバランス能力に与える影響について、理学療法-臨床・研究・教育、17、14-17、2010
- 12) Y.Kanda : Investigation of the freely available easy-to-use software 'EZR' for medical statistics、Bone Marrow Transplantation、48、452-458、2012

- 13) 高木大輔、西田祐介：下腿周径と静的バランスとの関係～立位時の重心動揺による検討～、リハビリテーション科学ジャーナル、No. 8、45-51、2012
- 14) 藤縄理、赤坂清和、濱口豊太（編）：運動学テキスト改訂第2版、283、南江堂、2015
- 15) Paul Jackson Mansfield、Donald A. Neumann、エッセンシャル・キネオロジーー機能的運動学の基礎と臨床（原著第2版）、323、エルゼビア・ジャパン株式会社、2015
- 16) Donald A. Neumann、筋骨格系のキネシオロジー、第1版第5刷、540-541、医歯薬出版株式会社、2015
- 17) 齋藤孝義、菅沼一男、齋藤由香里、他：踵上げ反復運動回数と最大1歩幅の比較と転倒との関係、理学療法科学 31（6）、907-910、2016
- 18) Fujisawa H、Suzuki H、Nishiyama T et al. : Comparison of ankle plantar flexor activity between double-leg heel raise and walking
- 19) 猪狩哲夫、辰濃尚、宮野佐年：歩行能力とバランス機能の関係、リハビリテーション医学 Vol43、No. 12、828-833、2006
- 20) 大杉紘徳、本塚貴裕、佐久間崇、他：足底への感覚刺激が足底感覚および足趾把持力に及ぼす影響、ヘルスプロモーション理学療法研究 Vol.3 No. 3、129-133、2013
- 21) 木藤伸宏、井原秀俊、三輪恵、他：高齢者の転倒予防としての足指トレーニングの効果、理学療法学、第28巻、第7号、315-319、2001

謝辞

本論文を作成するにあたり、ご指導いただきました新潟リハビリテーション大学大学院浅海岩生先生、研究をご支援いただきました伊林克彦先生、被験者としてご協力いただいた新潟リハビリテーション大学学部生の皆様に深く感謝いたします。

図 1 足把持力測定姿勢



足把持力測定器 竹井機器工業株式会社 指測定器Ⅱ T. K. K 3365

図 2 測定姿勢 足関節底屈力測定姿勢

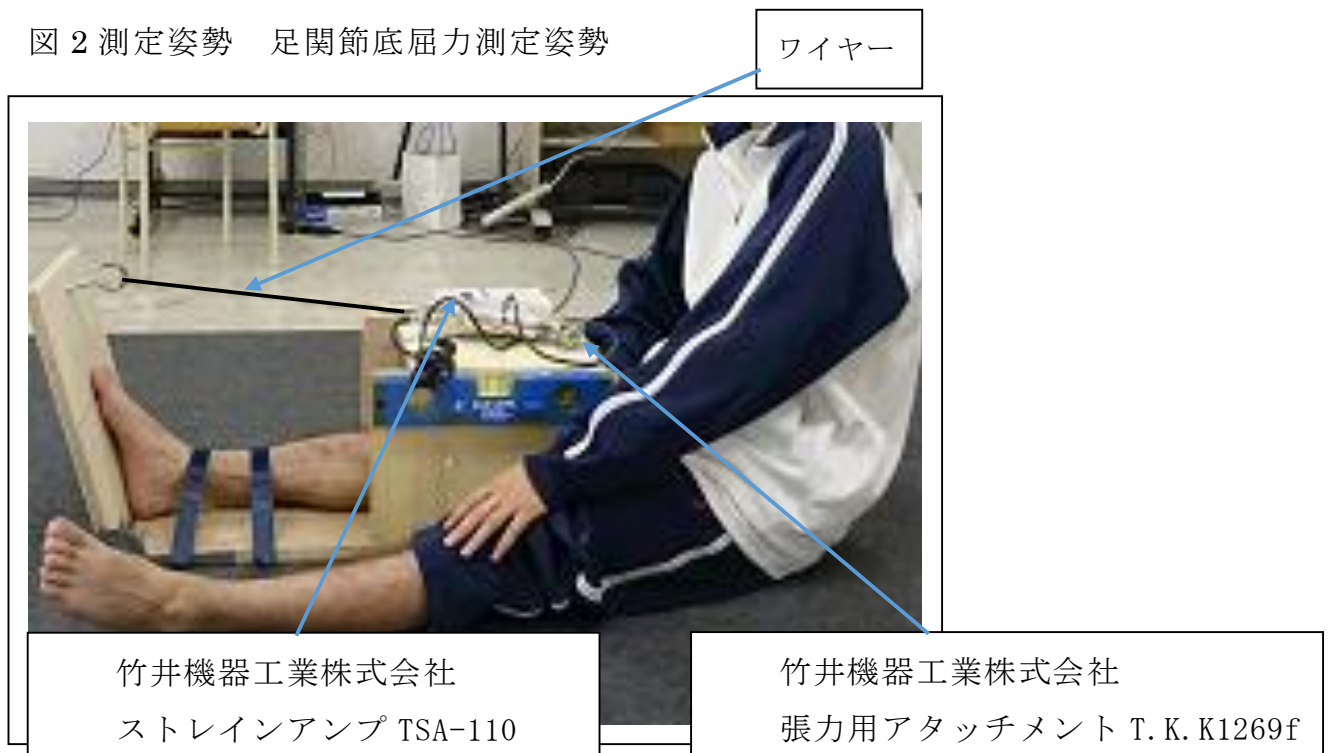


図 3-1 重心動揺計 両脚立ち測定

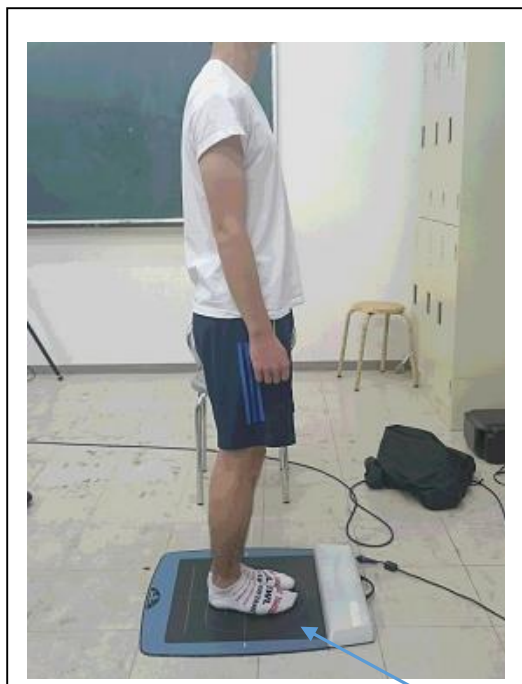


図 3-2 重心動揺計 片脚立ち測定



フィンガルリンク社 WIN-POD

図 4-1 FRT 測定



図 4-2 FRT 測定



図 5-1 タオルギャザー用具



図 5-2 タオルギャザートレーニング

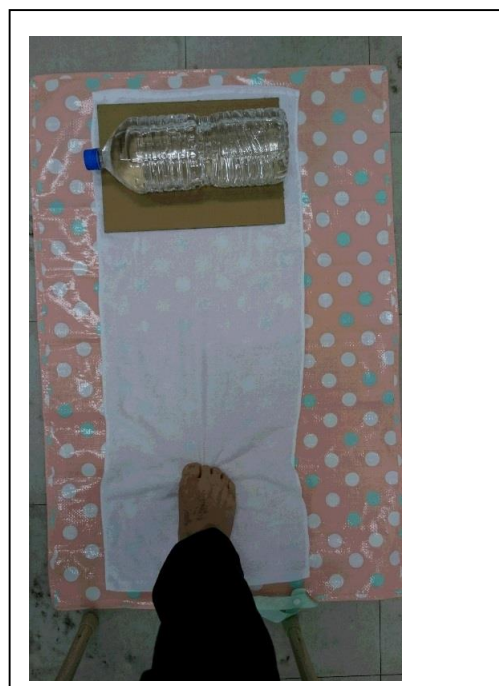


図 6-1 踵上げトレーニング



図 6-2 踵上げトレーニング



図 7-1 総軌跡長 開眼両脚立 介入前後 群別の比較

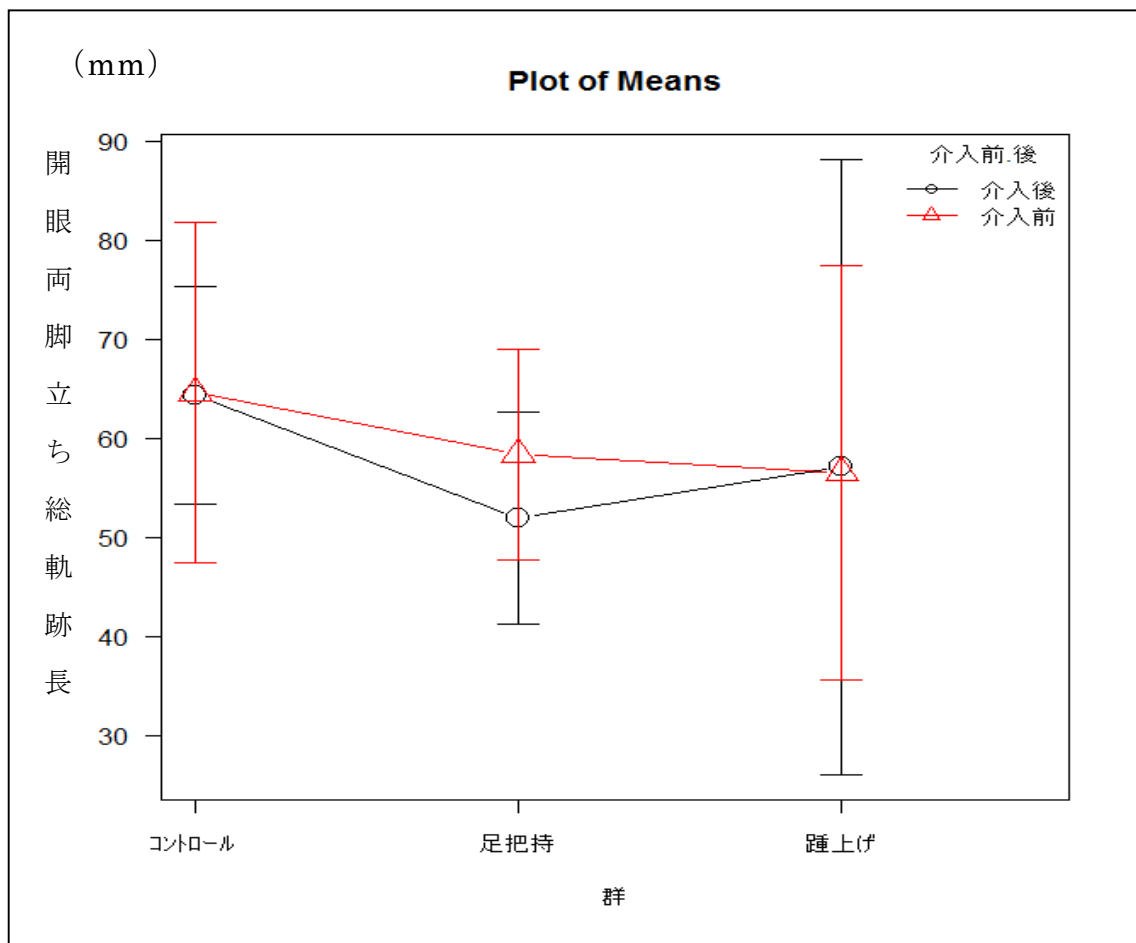


図 7-2 総軌跡長 閉眼両脚立 介入前後 群別

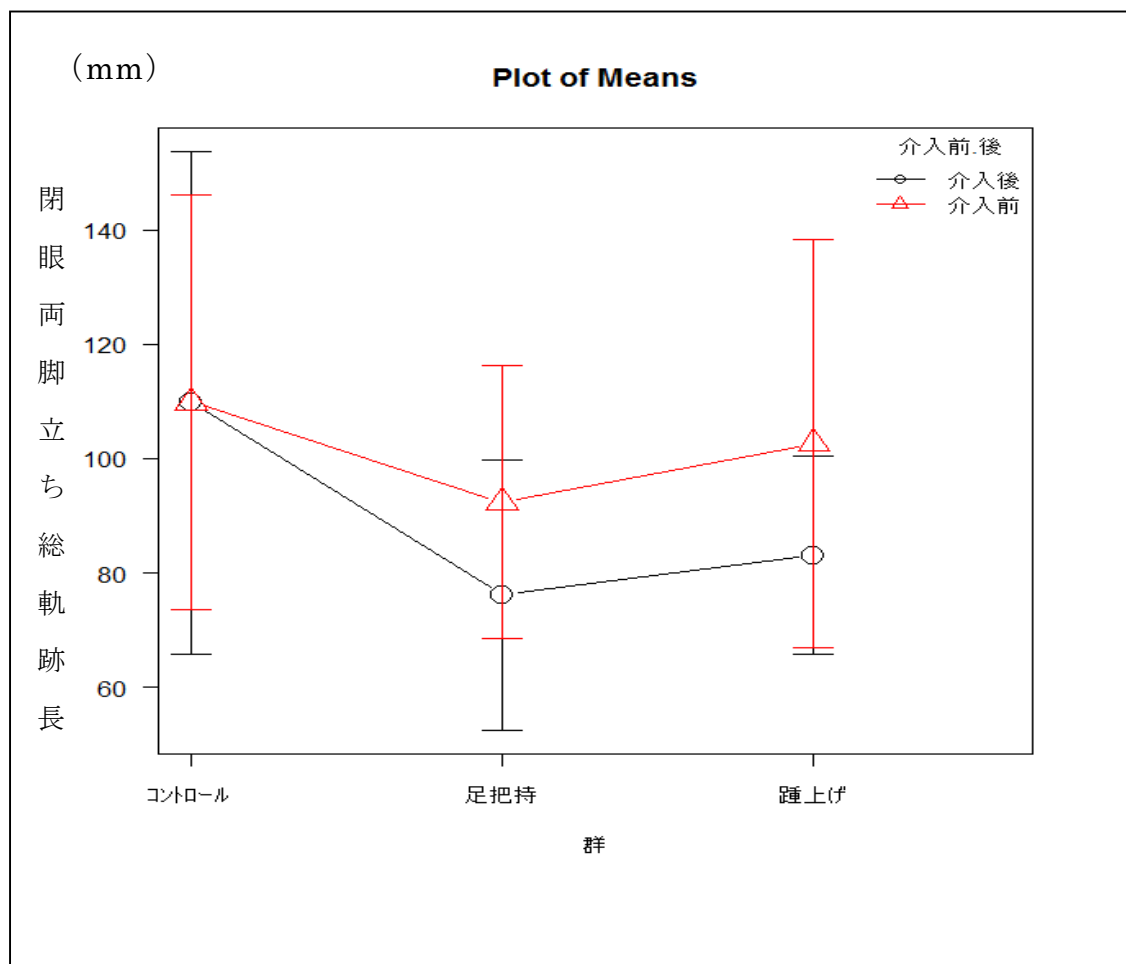


図 7-3 総軌跡長 開眼右脚立 介入前後 群別の比較

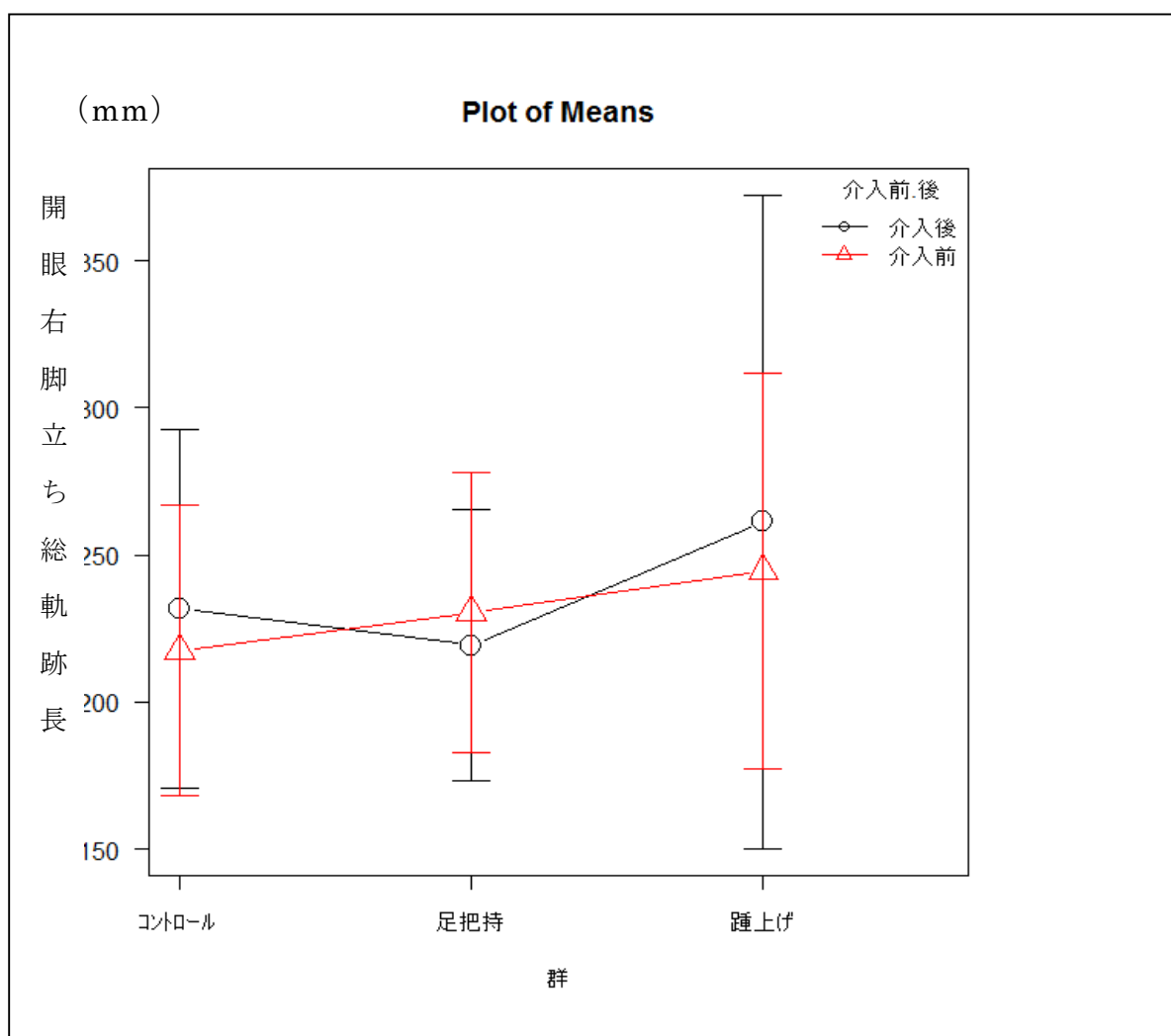


図 7-4 総軌跡長 開眼左脚立ち 介入前後 群別の比較

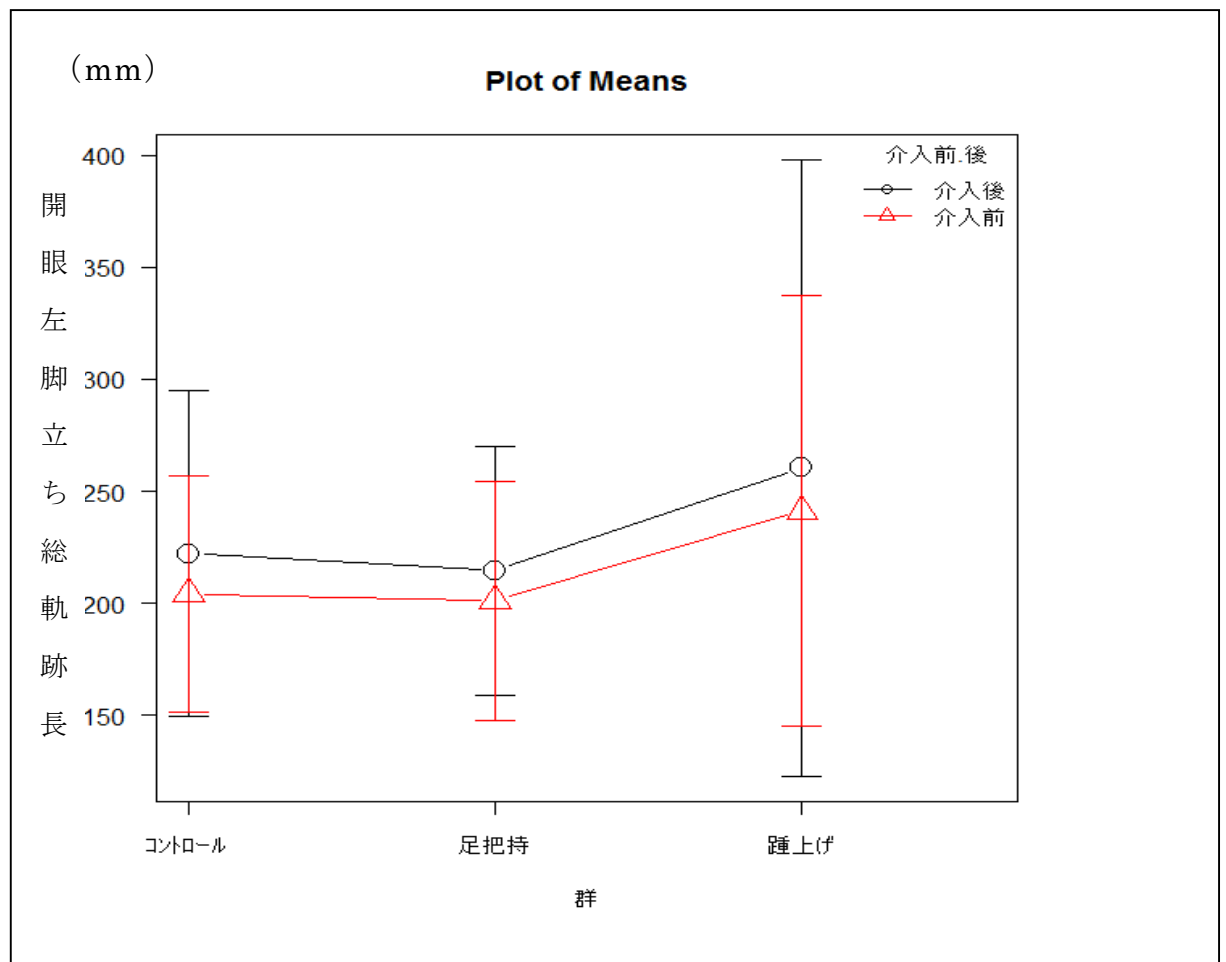


図 7-5 総軌跡長 FRT 介入前後 群別の比較

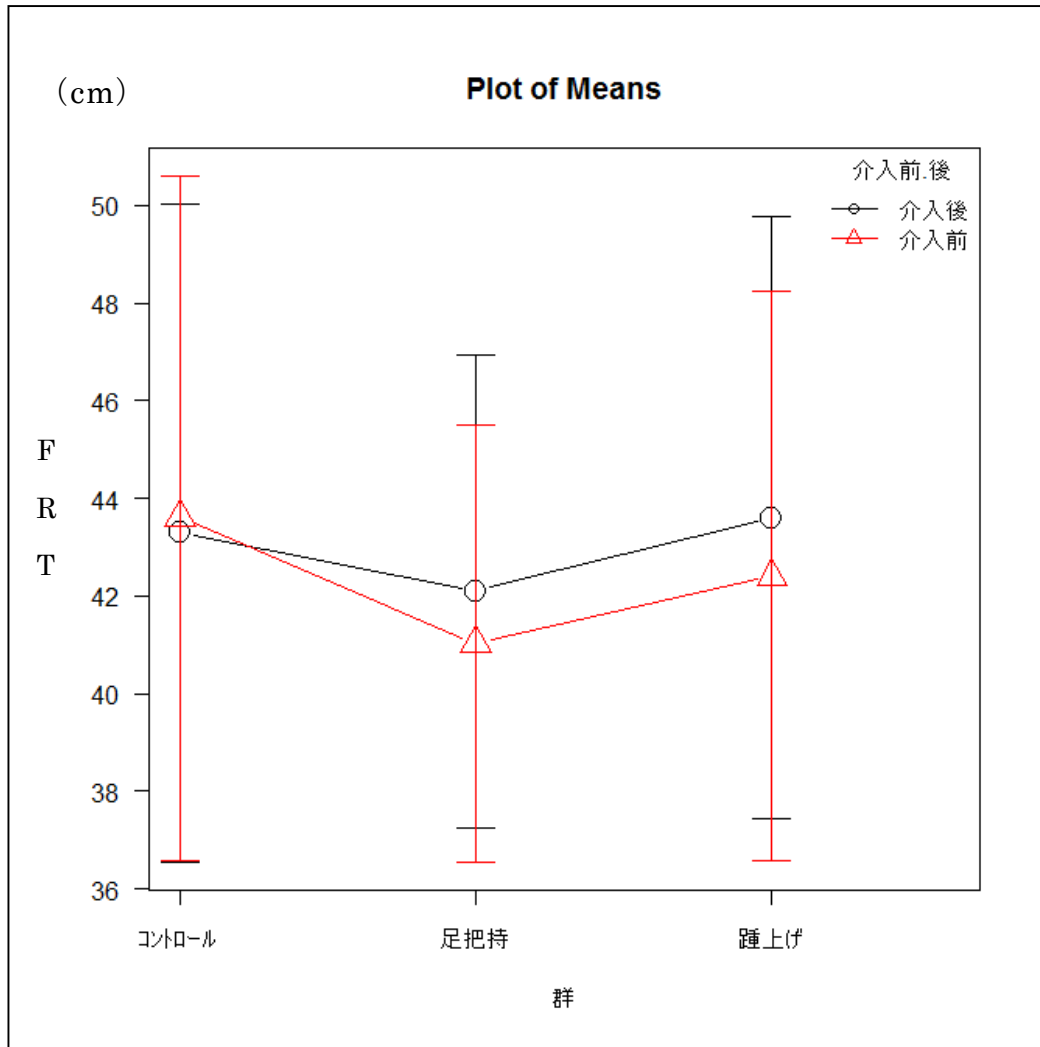


表 1-1

対象		
性別	平均年齢±標準偏差	人数
男性	19.9±1.3 歳	15 名
女性	21.3±0.7 歳	12 名
全体	20.6±1.3 歳	27 名

表 1-2

足関節底屈力測定器 再現性の検討 級内相関係数

右足	級内相関	95%信頼区間		真の値 0 を使用した F 検定			
		下限	上限	値	自由度 1	自由度 2	有意確率
単一測定値	.837	.473	.957	11.245	9	9	P<0.05
平均測定値	.911	.642	.978	11.245	9	9	P<0.05

左足	級内相関	95%信頼区間		真の値 0 を使用した F 検定			
		下限	上限	値	自由度 1	自由度 2	有意確率
単一測定値	.922	.720	.980	24.773	9	9	P<0.01
平均測定値	.960	.837	.980	24.773	9	9	P<0.01

両足	級内相関	95%信頼区間		真の値 0 を使用した F 検定			
		下限	上限	値	自由度 1	自由度 2	有意確率
単一測定値	.906	.778	.972	39.427	9	27	P<0.01
平均測定値	.975	.933	.993	39.427	9	27	P<0.01

表1-3				
介入前測定値の群間比較				
項目	平均値±標準偏差	平均値±標準偏差	平均値±標準偏差	P値
年齢（歳）	20.9±0.8	20.6±1.3	20.3±1.5	0.643
身長（cm）	164.3±9.3	166.8±9.7	165.5±9.0	0.857
体重（kg）	57.1±9.1	67.4±15.3	59.3±10.2	0.178
足把持力 右（kg）	10.1±3.7	10.7±5.7	10.5±4.9	0.966
足把持力 左（kg）	10.2±4.3	10.4±4.4	10±3.6	0.981
足関節底屈力 右（kg）	10.5±4.3	13.8±10.0	10.2±5.4	0.496
足関節底屈力 左（kg）	9.6±5.1	13.3±9.7	11.3±4.9	0.548
総軌跡長 開眼両脚立ち（mm）	58.3±10.7	56.5±20.9	64.6±17.2	0.558
総軌跡長 閉眼両脚立ち（mm）	92.4±23.9	102.7±35.8	109.9±36.4	0.542
総軌跡長 開眼右脚立ち（mm）	230.3±47.7	244.6±67.2	217.5±49.5	0.577
総軌跡長 開眼左脚立ち（mm）	201.1±53.2	241.3±95.9	204.2±53.0	0.419
FRT（cm）	41.0±4.5	42.4±5.8	43.6±7.0	0.665
	足把持群（n=8）	踵上げ群（n=9）	コントロール群（n=10）	

表 1-4
介入後測定値の群間比較

項目	平均値±標準 偏差	平均値±標準 偏差	平均値±標準偏差
足把持力 右 (kg)	13.6±4.8	12.7±5.7	11.8±5.1
足把持力 左 (kg)	13.1±4.7	12.3±6.4	11.2±3.7
足関節底屈力 右 (kg)	11.5±3.4	14.3±9.8	9.8±4.0
足関節底屈力 左 (kg)	10.6±4.2	13.4±6.7	10.5±4.0
総軌跡長 開眼両脚立ち (mm)	52.0±10.7	54.0±22.4	64.3±10.9
総軌跡長 閉眼両脚立ち (mm)	76.2±23.7	83.1±17.3	109.8±44.0
総軌跡長 開眼右脚立ち (mm)	219.2±46.0	261.2±111.1	231.5±61.1
総軌跡長 開眼左脚立ち (mm)	214.6±55.6	254.3±123.2	222.2±72.7
FRT (cm)	42.1±4.8	43.6±6.2	43.3±6.7

足把持群
(n=8)

踵上げ群
(n=9)

コントロール群
(n=10)

表1-5					
多元配置分散分析（multi-way ANOVA）による各測定項目と介入前後、及び群間比較					
項目	因子	級間の自由度	級間の平方和	F値	P値
足把持力 右	介入前後	1	67.000	2.626	0.112
	群	2	5.300	0.104	0.902
	介入前後・群	2	11.000	0.215	0.807
足把持力 左	介入前後	1	51.900	2.473	0.122
	群	2	10.500	0.250	0.780
	介入前後・群	2	6.300	0.149	0.862
足関節底屈力 右	介入前後	1	2.000	0.044	0.835
	群	2	165.400	1.818	0.173
	介入前後・群	2	4.700	0.052	0.950
足関節底屈力 左	介入前後	1	0.100	0.004	0.950
	群	2	101.700	1.378	0.262
	介入前後・群	2	7.200	0.098	0.907
総軌跡長 開眼両脚立ち	介入前後	1	55.000	0.160	0.691
	群	2	922.000	1.340	0.272
	介入前後・群	2	121.000	0.176	0.839
総軌跡長 閉眼両脚立ち	介入前後	1	1917.000	1.845	0.181
	群	2	6183.000	2.975	0.061
	介入前後・群	2	1031.000	0.496	0.612
総軌跡長 開眼右脚立ち	介入前後	1	563.000	0.122	0.728
	群	2	9595.000	1.041	0.361
	介入前後・群	2	1967.000	0.213	0.809
総軌跡長 開眼左脚立ち	介入前後	1	3813.000	0.539	0.466
	群	2	19494.000	1.379	0.262
	介入前後・群	2	74.000	0.005	0.995
FRT	介入前後	1	6.000	0.159	0.692
	群	2	33.000	0.462	0.633
	介入前後・群	2	7.000	0.092	0.912
※因子欄 群は足把持群、踵上げ群、コントロール群の3群と各項目の関係を表す。					

A Possibility to Reduce the Risk of Falling by Calf Raise Exercise

～Effect from foot-gripping training on sense of balance～

Hirofumi Suzuki

Department of Motor Function Science

Graduate School of Rehabilitation

Niigata University of Rehabilitation

We considered that “foot-gripping strength” and “plantar flexion strength of ankle joint” would be required for “stability of standing posture” concerning “fall prevention”. The purpose of this study is to conduct trainings for “foot-gripping strength” and “plantar flexion strength of ankle joint” to research how the result effects on “sense of balance”. This study includes 27 healthy adults (15 men / 12 women / Average age 20.6 ± 1.3). We categorized subjects into foot-gripping group, calf raise group, and control group and measured foot-gripping strength, plantar flexion strength of ankle joint, total trajectory length of both legs standing with eye opened, both legs standing with eye closed, left or right leg standing with and eye opened before intervention, and Functional Reach Test (referred to as FRT) . We conducted a towel-gather training for foot-gripping group. One set includes 30 times per leg and we conducted its 3 sets per day for 3 days in 1 week, during 4 weeks in total. We conducted a calf raise training for calf raise group. Subjects stand in front of a chair and move heels of both legs, up and down at the same time. One set includes 30 times per leg and we conducted its 2 sets per day for 4 days in 1 week, during 4 weeks in total. We directed not to conduct any special exercise during 4 weeks for control group. We conducted the same measurement as before intervention in the 5th week since 1st measurement and compared the difference in values before and after trainings. We

conducted multi-way ANOVA ($p < 0.05$) to observe the relationship between before and after intervention about each measurement item for all subjects. As a result of the analysis, we could not recognize a statistically significant difference. When we compared the average of measured values in each group before and after intervention, we could recognize improvement in foot-gripping strength, plantar flexion strength of ankle joint, total trajectory length of both legs standing with eye opened, both legs standing with eye closed, and FRT for both foot-gripping group and calf raise group. The average of right leg standing with eye opened was improved only for foot-gripping group while the average of left leg standing with eye opened was lowered for all groups. It shows a certain trend that exercises of foot-gripping and calf raise effect on static and dynamic balance. We need to continuously consider a possibility of “calf raise exercise” as activity to reduce the risk of falling.

